



Design and Optimization of Stochastic Search Strategy for Foraging Problem

著者	Maroofkhani Farhad
発行年	2019-09-20
その他のタイトル	採餌問題のための確率的探索戦略の設計と最適化
学位授与番号	17104甲生工第358号
URL	http://hdl.handle.net/10228/00007476

氏名・（本籍）	Farhad Maroofkhani（イラン）		
学位の種類	博士（工学）		
学位記番号	生工博甲第 358 号		
学位授与の日付	令和 元年 9月 20日		
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	Design and Optimization of Stochastic Search Strategy for Foraging Problem（採餌問題のための確率的探索戦略の設計と最適化）		
論文審査委員会	委員長	准教授	我妻 広明
		教授	石井 和男
		〃	林 英治
		准教授	宮本 弘之

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

採餌問題はロボットにおける行動戦略選択問題の一つであり、重要な研究課題である。本論文では、生物の行動に近いとされる Levy Walk を基本行動として用い、Levy Walk を用いた場合、多くのパラメータが必要であり、その最適化が必要となる。本論文は、DOE（Design Of Experiment）及びRSM（Response Surface Methodology）を用い、行動戦略を決定するためのパラメータの最適化、及び、その決定方法に関して統計的に解析し、最適化手法を提案したものである。

第一章では序論として、研究背景として資源探査の重要性についてふれ、自然界における採餌問題、現代における情報収集との関連性について述べている。採餌問題における移動パターンは、ランダム移動、セミランダム移動、ウェイポイント等を用いた計画的な移動、及び、フラクタルランダム移動があり、本論文では比較検討の結果、フラクタルランダムの一つである Levy Walk に着目し、ロボットの行動選択に導入している。Levy Walk は自然界の生物の行動を参考に提案されたものであり、例えば、カニや魚の移動において Levy Walk が観察されることが報告されている。採餌問題における最適な行動を選択するため、Levy Walk を基本として、ロボットの移動速度・方向、ロボットの台数、Levy 係数、センサ認識可能範囲について最適パラメータを探索することを述べている。

第二章では、序論で紹介した Levy Walk の詳細について述べている。Levy Walk によるロボットの運動の記述方法、数式、Levy 係数の違いによって生じる運動パターンの違いについて述べている。Levy 係数が 1.0 以下の場合、直線的な運動、3.0 以上の場合、ブランチ運動、その間の場合は Levy Walk が生じることが知られており、シミュレーションにより Levy Walk が発現する様子を示した。

第三章では、第二章で紹介した Levy Walk を用い、どのようにロボットの行動へ適用するのか、提案を行なっている。ロボットは捕獲対象を発見するまでの探索モードでは、Levy Walk により 1 ステップの移動距離、移動方向はランダムに決定する。捕獲対象発見後は捕獲モードに入り認識可能範囲の対象を捕獲、その後、探索モードへ遷移する。ここでは、ロボットの移動速度・方向、ロボットの台数、Levy 係数、センサ認識可能範囲の 4 パラメータを最適化するが、全パラメータ空間を探索することは計算機コストがかかるため、DOE (Design Of Experiment) 及び RSM (Response Surface Methodology) を導入し、探索を効率化する手法を提案している。DOE はパラメータ空間において構成される評価値をどのように近似し、評価面を多項式により表現する手法であり、RSM はその計算手法である。採餌問題をどのようにロボットの探索問題として定式化し、評価するかについてまとめている。

第四章では、第三章において提案した手法を用いた採餌問題のシミュレーション結果について、統計的に解析している。ロボットの移動距離と対象物の捕獲個数により評価関数を設定し、4 つのパラメータ空間において多項式近似し、各パラメータの影響度、パラメータのカップリングの影響度について評価している。全パラメータ空間を探索する手法に比べ、DOE を用いることに探索回数が大幅に減少したこと、得られたパラメータによる評価値が全探索と遜色が無いことをしめした。提案手法を用いることにより、効率的にパラメータ探索が行えることを述べている。

最後に採餌問題におけるパラメータ探索に関する結論、及び、提案した探索手法の将来展望について述べている。シミュレーション実験の結果、提案手法により、従来手法と比較し評価値は全探索と比べほぼ同等でありながら探索回数を短縮できること、本手法が近未来の資源調査手法として有効であると結論している。今後の展望として、実ロボットへの応用について意見を述べている。

学 位 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文では採餌問題をとりあげ、移動ロボットにおける行動戦略選択問題として、その行動決定パラメータの探索手法と解析手法についてまとめている。生物の行動の代表的な近似である Levy Walk を基本行動として用いた。Levy Walk を用いた場合、多くのパラメータが必要であり、その最適化が必要となる。本論文は、DOE 及び RSM を用い、行動戦略を決定するためのパラメータの最適化、及び、その決定方法に関して統計的に解析し、最適化手法を提案している。将来、ロボットによる探索問題において、その探索手法を示した有用な論文である。

本論文に関し、審査委員から、Levy Walk とロボットの行動の関係、提案手法を用いることによる採餌問題がどのように表現されるのか、評価方法、パラメータ探索の評価方法、従来法との違い等、多くの質問がなされたが、いずれも著者から満足（明確）な回答が得られた。また、公聴会においても多数の出席者があり、種々の質問がなされたが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上により, 論文調査及び最終試験の結果に基づき, 審査委員会において慎重に審査した結果, 本論文が, 博士(工学)の学位に十分値するものであると判断した。